

## KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020030086656 A  
(43)Date of publication of application: 12.11.2003

(21)Application number: 1020020024761  
(22)Date of filing: 06.05.2002

(71)Applicant: SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.  
(72)Inventor: KIM, JI DEOK  
LEE, HONG SEOK  
LEE, SUK HAN

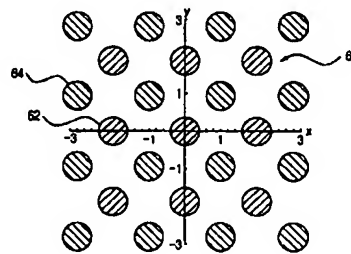
(51)Int. Cl G02B 6/12

## (54) STRUCTURE OF PHOTONIC CRYSTAL

## (57) Abstract:

PURPOSE: A structure of photonic crystal is provided to radiate selectively the light of a particular frequency by controlling an opening state and a shutting state of a band gap at one point between two photonic crystals.

CONSTITUTION: A structure of photonic crystal includes the first medium(60), the second media (62), and the third media(64). The first medium(60) has the first dielectric constant. The second media (62) have the second dielectric constants, respectively. The second media are arranged at the first period to one or more directions on the plane which is formed by the first medium(60). The third media(64) have the third dielectric constants, respectively. The third media are arranged at the second period to one or more directions on the plane which is formed by the first medium(60). A plurality of band gaps are formed by arranging the third media (64) within unit cells of the second media(62).



&copy; KIPO 2004

Legal Status

# (19)대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)

(51) . Int. Cl.<sup>7</sup>  
G02B 6/12

(11) 공개번호  
(43) 공개일자

특2003-0086656  
2003년11월12일

(21) 출원번호 10-2002-0024761  
(22) 출원일자 2002년05월06일

(71) 출원인 삼성전자주식회사  
경기도 수원시 팔달구 매탄3동 416번지

(72) 발명자 김지덕  
서울특별시강남구대치동현대아파트105-1302

이석한  
경기도용인시수지읍풍덕천리삼성5차아파트517동702호

이홍석  
경기도성남시분당구정자동한솔마을LG아파트206-401

(74) 대리인 정홍식

심사청구 : 있음

## (54) 포토닉 결정구조

### 요약

포토닉 결정구조가 개시된다. 제2유전율을 가지며 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제1주기로 배치되는 복수의 제2매질 및 제3유전율을 가지며 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제2주기로 배치되는 복수의 제3매질이 제1유전율을 갖는 제1매질에 의해 형성되는 평면상에 배치된다. 이 때, 제3매질은 제2매질 및 제3매질의 배치상태가 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제3주기를 형성하도록 제2매질에 의해 형성되는 단위 셀내에 배치된다. 제3매질에 의한 내삽에 있어서, 제1주기와 제3주기를 갖는 두 개의 포토닉 결정간의 내삽의 한 지점에서 밴드갭의 열림과 닫힘을 제어할 수 있다.

대표도

도 4

색인어

포토닉 결정, 밴드갭, 유전율, 격자상수, 주파수

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 2차원 구조를 갖는 종래의 포토닉 결정의 일예를 도시한 도면,

도 2는 도 1에 도시된 종래의 포토닉 결정구조에 대한 파동벡터  $K$ 와 주파수  $\omega$ 의 관계를 도시한 도면,

- 도 3은 종래의 포토닉 결정구조에 대한 스케일 매개변수  $s$ 에 따른 밴드갭의 변화를 도시한 도면,
- 도 4는 본 발명에 따른 포토닉 결정구조의 일예를 도시한 도면,
- 도 5는 본 발명에 의한 포토닉 결정구조의 밴드갭을 도시한 도면,
- 도 6은 정사각 격자구조의 브릴루앙 영역(Brillouin Zones)을 도시한 도면,
- 도 7 내지 도 12는 제1매질내에 반지름이  $R$ 이고 유전율이 8.9인 제2매질을 격자 상수가  $a$ 가 되도록 정사각 격자구조로 배치되어 있는 상태에서 제2매질로 구성된 단위 셀의 중앙 모두에 반지름이  $R'$ 인 제3매질을 내삽하는 경우에 반지름에 대한 각각의 밴드 다이어그램을 도시한 도면,
- 도 13은 도 7 내지 도 12까지의 밴드 다이어그램들 중에서 완전밴드갭의 변화를 도시한 도면,
- 도 14는 정삼각형구조를 가진 2차원 포토닉 결정구조를 도시한 도면, 그리고,
- 도 15는 제2매질로 구성된 정육면체 및 제3매질로 구성된 정육면체가 제1매질이 형성하는 공간상에 주기적으로 배열된 포토닉 결정구조를 도시한 도면이다.

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 포토닉 결정구조에 관한 것으로, 보다 상세하게는 임의의 공간상에서 주기성을 갖도록 형성되어 포토닉 밴드갭을 형성하는 포토닉 결정구조에 관한 것이다.

광이 임의의 굴절율을 갖는 매질내를 진행할 경우 파동벡터  $K$ 와 주파수  $\omega$ 는 비례관계를 갖는다. 이와 달리, 일정한 굴절율을 갖는 매질이 다른 굴절율을 갖는 매질내에 주기적으로 배치되어 있는 경우에 해당 매질내를 진행하는 광의 파동벡터  $K$ 와 주파수  $\omega$ 는 보다 복잡한 관계를 갖는다. 이 때, 일정한 범위내의 주파수를 갖는 광은 해당 매질내에서 전파되지 않는 밴드갭이 형성된다. 밴드갭의 형성원인과 범위는 맥스웰방정식의 해를 구함으로써 파악될 수 있다.

포토닉 결정은 사용 주파수 대역에 따라 수백 nm 내지 수백  $\mu$ m의 구조를 가지며 굴절율이 서로 다른 물질들을 규칙적으로 배열함으로써 형성된다. 포토닉 결정을 이용하면 특정 편광의 광을 투과시키지 않는 완전밴드갭(complete band-gap)을 형성할 수 있으며, 또한 편광에 관계없이 광을 투과시키지 않는 절대밴드갭(absolute band-gap)을 형성할 수 있다. 이러한 특성으로 인해 포토닉 결정은 분기필터, 광도파관, 광지연소자, 레이저 등과 같은 광기능소자에 사용된다.

포토닉 결정은 주기성을 갖는 방향의 수에 따라 1차원, 2차원, 3차원 등 3종류의 구조를 가질 수 있다. 현재 각각의 차원에 대하여 각종의 구체적인 구조가 제안되고 있다. 예를 들어, 2차원 포토닉 결정의 경우 적절한 구조를 선택하면 격자상수의 2배정도의 파장의 빛이 주기 구조내의 어떠한 방향으로도 전파되지 못하는 완전밴드갭을 갖게 할 수 있다. 포토닉 결정의 특성을 결정하는 요소에는 격자모양, 격자상수, 삽입된 기둥의 모양 등이 있다. 또한, 삽입된 기둥이 원형인 경우 그 반지름, 배경물질의 유전율, 삽입된 기둥의 유전율 등이 포토닉 결정의 특성을 결정한다.

도 1에는 2차원 구조를 갖는 종래의 포토닉 결정의 일례가 도시되어 있다. 도 1에 도시된 포토닉 결정은 유전율이  $\epsilon_b$ 인 매질b(예를 들면 공기)(10)내에 유전율이  $\epsilon_a$ 인 원기둥형태의 매질a(원기둥의 반지름은  $R$ , 인접한 원기둥사이의 거리는  $a$ )(12)가 규칙적으로 배열되어 있는 구조이다. 맥스웰방정식을 풀면 도 2에 도시된 바와 같은 해당 포토닉 결정구조에 대한 파동벡터와 주파수의 관계를 구할 수 있다. 도 2를 참조하면 파동벡터  $K$ 에 대해 일정한 범위내의 주파수를 갖는 광이 전파되지 않는 밴드갭이 형성됨을 알 수 있다.

이러한 포토닉 결정에 있어서 밴드갭은 길이단위의 변화에 대하여 일정한 의존성을 갖는데, 길이를  $r$ 에서  $r'=sr$ 로 변화시키면 주파수  $\omega$ 는 단순히  $\omega'=\omega/s$ 로 변화된다. 도 3에는 스케일 매개변수  $s'=\frac{s-1}{\sqrt{2}-1}$ 에 따른 밴드갭의 변화가 도시되어 있다. 도 3을 참조하면,  $s'$ 가 0인 경우에 밴드갭의 하한과 상한을  $\omega_1$ ,  $\omega_2$ 라 하고 길이를  $r$ 이라 할 때,  $s'$ 가

1이면(즉,  $r'=r/\sqrt{2}$  인 경우), 밴드갭의 하한과 상한이 각각  $\omega_1'=\sqrt{2}\omega_1, \omega_2'=\sqrt{2}\omega_2$  로 변하게 된다. 또한, 1과  $\sqrt{2}$  사이에 존재하는  $s$ 에 대해서 밴드갭의 하한 및 상한은 선형적으로 변한다. 따라서, 밴드갭의 위치변화는 스케일 매개변수를 통해 길이를 변경함으로써 얻을 수 있다. 물론, 이외에도 포토닉 결정의 특성을 결정하는 원기둥의 반지름, 배경물질의 유전율, 삽입된 기둥의 유전율 등을 변경시킴으로써 밴드갭의 위치를 변경시킬 수 있다.

그러나, 종래의 포토닉 결정구조는 스케일 매개변수의 변화에 따라 특정한 파동벡터  $K$ 에 대해 하나의 밴드갭만이 형성되므로 그 응용범위가 한정된다는 문제점이 있다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 특정 주파수를 갖는 광을 선택적으로 전파시킬 수 있는 포토닉 결정구조를 제공하는 데 있다.

#### 발명의 구성 및 작용

상기 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 포토닉 결정구조는, 제1유전율을 갖는 제1매질; 제2유전율을 가지며 상기 제1매질에 의해 형성되는 평면상에서 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제1주기로 배치되는 복수의 제2매질; 및 제3유전율을 가지며 상기 제1매질에 의해 형성되는 상기 평면상에서 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제2주기로 배치되는 복수의 제3매질;을 포함하며, 상기 제3매질은 상기 제2매질 및 상기 제3매질의 배치상태가 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제3주기를 갖도록 상기 제2매질에 의해 형성되는 단위 셀내에 배치되어 복수의 밴드갭을 형성한다.

특정한 상기 제3매질의 중심으로부터 특정한 상기 제3매질의 최원점까지의 거리는 특정한 상기 제3매질의 중심으로부터 가장 가까운 상기 제2매질과의 거리보다 작은 것이 바람직하다.

바람직하게는, 상기 제2유전율은 상기 제1유전율보다 크며, 상기 제3유전율은 상기 제1유전율과 상기 제2유전율 사이값을 갖는다.

또한, 상기 제3매질은 상기 제2매질 및 상기 제3매질의 배치상태가 제3주기를 형성하도록 상기 제2매질에 의해 형성되는 상기 단위 셀내 및 상기 단위 셀들의 경계선에 배치되는 것이 바람직하다.

한편, 본 발명에 따른 포토닉 결정구조는, 제1유전율을 갖는 제1매질; 제2유전율을 가지며 상기 제1매질에 의해 형성되는 공간상에서 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제1주기로 배치되는 복수의 제2매질; 및 제3유전율을 가지며 상기 제1매질에 의해 형성되는 상기 공간상에서 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제2주기로 배치되는 복수의 제3매질;을 포함하며, 상기 제3매질은 상기 제2매질 및 상기 제3매질이 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제3주기를 갖도록 상기 제2매질에 의해 형성되는 단위 셀내에 배치되어 복수의 밴드갭을 형성한다.

특정한 상기 제3매질의 중심으로부터 특정한 상기 제3매질의 최원점까지의 거리는 특정한 상기 제3매질의 중심으로부터 가장 가까운 상기 제2매질과의 거리보다 작은 것이 바람직하다.

바람직하게는, 상기 제2유전율은 상기 제1유전율보다 크며, 상기 제3유전율은 상기 제1유전율과 상기 제2유전율 사이값을 갖는다.

또한, 상기 제3매질은 상기 제2매질 및 상기 제3매질의 배치상태가 제3주기를 형성하도록 상기 제2매질에 의해 형성되는 상기 단위 셀내 및 상기 단위 셀들의 경계면에 배치되는 것이 바람직하다.

본 발명에 따르면, 두개의 포토닉 결정간의 내삽의 한 지점에서 밴드갭의 열림과 닫힘을 제어할 수 있다.

이하에서, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 포토닉 결정구조를 상세하게 설명한다.

도 4는 본 발명에 따른 포토닉 결정구조의 일예를 도시한 도면이다.

도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 포토닉 결정구조는 격자상수가  $a$ 인 정사각 격자구조로 배열된 유전율  $\epsilon_b$ 를 갖는 제2매질(62) 및 정사각 격자구조로 배열된 유전율  $\epsilon_c$ 를 갖는 제3매질(64)이 유전율  $\epsilon_a$ 를 갖는 제1매질(60)내에 배치되어 있다. 각각의 제3매질(64)은 제2매질(62)로 구성된 격자구조의 각각의 단위 셀 중앙에 위치한다. 만약, 제2매질(62)과 제3매질(64)의 유전율이 동일하면(즉,  $\epsilon_b = \epsilon_c$ ), 제2매질(62)과 제3매질(64)에 의해 형성되는 최종

적인 격자구조의 격자상수  $a'$ 는  $a/\sqrt{2}$ 가 된다.

이 경우, 스케일 매개변수를  $s$ , 제2매질(62)의 반지름을  $R$ , 제2매질(62)에 의해 형성되는 격자구조의 격자상수를  $a$ , 제3매질(64)의 반지름을  $R'$ 라 하면, 스케일 매개변수  $s$ 가  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 이므로  $R'$ 는  $R/\sqrt{2}$ 로 선택해야 한다.

그러나 이러한 결과는 반지름이  $R$ , 격자상수가  $a$ 인 제2매질(64)을 제1매질(60)내에 위치시켜 형성한 격자구조를  $s = \frac{1}{\sqrt{2}}$ 인 스케일 매개변수에 의해 변경한 격자구조와 완전히 일치하지 않는다. 즉, 제2매질(62)의 반지름도  $R$ 에서  $R'$ 로 변경시켜주어야 길이  $r$ 을  $sr$ 로 변경시킨 것에 해당하게 되고 따라서 주파수는  $\omega' = \omega/s$ 로 변경된다.

스케일 매개변수  $s$ 가 1에서  $\sqrt{2}$ 까지 변화하는 경우를 보면, 단지 길이  $r$ 만 바꾸는 경우는 도 3과 같이 주파수가  $\omega' = \omega/s$ 로 변경되지만, 본 발명에 의한 포토닉 결정구조의 밴드갭은 도 5와 같이 변경된다. 도 5에서 알 수 있는 바와 같이, 첫번째 밴드갭은 서서히 사라지고 위에서 새로운 밴드갭이 나타나면서 최종적으로 형성된 격자구조의 포토닉 결정에 있어서의 첫번째 밴드갭이 된다.

도 5를 참조하면, 오른쪽에서 왼쪽으로 제3매질(64)을 제2매질(62)로 내삽할 때, 최종적인 포토닉 결정은 내삽의 한 지점(72)에서 밴드갭이 나타나기 시작하며 내삽이 완료되는 지점에서의 밴드갭은 하한값(70)과 상한값(71)을 가진다. 한편, 내삽이 시작되는 지점에서의 밴드갭 역시 하한값(73)과 상한값(74)를 가지며, 내삽의 한 지점(75)에서 밴드갭이 사라지는 것을 알 수 있다. 도 7에서  $y$ 축은 정규화된 주파수  $(\omega a)/(2\pi c)$ 를 나타내며,  $x$ 축은 제3매질(64)의 유전율에  $\text{Log}$ 를 취한 값이다. 그리고, 정규화된 주파수  $(\omega a)/(2\pi c)$ 에서  $a$ 는 주어진 포토닉 결정의 격자상수,  $c$ 는 진공에서의 광속이다.

도 6은 정사각 격자구조의 브릴롱 영역(Brillouin Zones)을 도시한 도면이다. 도 6에서  $(\pm\pi/a, \pm\pi/a)$ 에 꼭지점을 갖는 작은 사각형은 격자간격이  $a$ 인 경우를 나타내고,  $(0, \pm 2\pi/a)$  및  $(\pm 2\pi/a, 0)$ 에 꼭지점을 갖는 큰 사각형은 격자간격이  $\frac{a}{\sqrt{2}}$ 인 경우를 나타낸다. 이러한 브릴롱 영역중에서 격자의 대칭성을 이용하면 잘 알려진 바와 같이  $\Gamma$ ,  $X$ ,  $M$  또는  $\Gamma$ ,  $X'$ ,  $M'$ 로 둘러싸인 irreducible 브릴롱 영역에 대한 광의 파동벡터와 주파수의 관계만 파악하면 충분하다.

도 7 내지 도 12는 유전율이  $\epsilon_a$ 인 제1매질(60)내에 반지름이  $R$ 이고 유전율이 8.9인 제2매질(62)를 격자 상수가  $a$ 가 되도록 정사각 격자구조로 배치되어 있는 상태에서 제2매질(62)로 구성된 단위 격자의 중앙 모두에 반지름이  $R'$ 인 제3매질(64)을 내삽하는 경우에 각각의 반지름에 대한 밴드 다이어그램을 도시한 도면이다. 이 때, 제3매질(64)의 반지름  $R'$ 는 0에서  $\frac{0.2a}{\sqrt{2}}$ 의 범위를 5등분한  $0, \frac{0.2a}{5\sqrt{2}}, \frac{0.4a}{5\sqrt{2}}, \frac{0.6a}{5\sqrt{2}}, \frac{0.8a}{5\sqrt{2}},$  및  $\frac{0.2a}{\sqrt{2}}$ 를 갖는다. 한편, 제3매질(64)이 내삽된 최종 포토닉 결정의 구조가  $\sqrt{2}$ 배의 스케일이 되도록 하기 위해 내삽되는 제3매질(64)의 반지름뿐만 아니라 제2매질(62)의 반지름도  $0.2a$ 에서  $\frac{0.2a}{\sqrt{2}}$ 의 범위를 5등분하여 동시에 내삽한다.

도 13는 도 7 내지 도 12까지의 밴드 다이어그램들 중에서 완전밴드갭의 변화를 도시한 도면이다. 도 13에는 제3매질(64)의 반지름 각각에 대한 완전밴드갭이 도시되어 있다.  $x$ 축은 제3매질(64)의 반지름을 0에서  $\frac{0.2a}{\sqrt{2}}$ 의 범위내에서 5등분한 것에 해당하며, 크기를 기준으로 0, 1, 2, 3, 4, 5로 표시하였다. 여기서  $y$ 축은 정규화된 주파수이다.

상술한 실시예에서는 정사각형의 격자구조로 구성된 포토닉 결정구조를 예로들었으나, 본 발명에 따른 포토닉 결정구조는 다양한 변형이 가능하다.

도 14에는 정삼각형구조를 가진 2차원 포토닉 결정구조가 도시되어 있다.

도 14를 참조하면, 길이가  $a$ 인 평행사변형이 단위 셀을 이루는 정삼각형 격자구조로 배열된 유전율  $\epsilon_b$ 를 갖는 제2매질(162) 및 각각의 단위 셀의 긴 대각선을 삼등분한 지점 각각에 배열된 유전율  $\epsilon_c$ 를 갖는 제3매질(164)이 유전율  $\epsilon_a$ 를 갖는 제1매질(160)내에 배치되어 있다. 이 때, 제2매질(162)의 격자상수를  $a$ 라 하고, 제2매질(62)과 제3매질(64)의 유전율이 동일하면(즉,  $\epsilon_b = \epsilon_c$ ), 길이가  $\frac{\sqrt{3}}{2}a$ 인 결정구조가 형성된다.

한편, 본 발명에 따른 포토닉 결정구조는 3차원구조를 가질 수 있다.

도 15에는 제2매질(172)로 구성된 정육면체(173) 및 제3매질(174)로 구성된 정육면체(175)가 제1매질(170)이 형성하는 공간상에 주기적으로 배열된 포토닉 결정구조가 도시되어 있다. 각각의 제3매질(174)은 제2매질(172)로 구성된

단위 셀인 정육면체(173)의 중앙, 각변의 중앙, 각모서리의 중앙에 위치한다. 이 때, 제2매질(162)의 길이를  $a$ 라 하고, 제2매질(62)과 제3매질(64)의 유전율이 동일하면(즉,  $\epsilon_b = \epsilon_c$ ), 길이가  $a/2$ 인 결정구조가 형성된다. 이 경우, 제2매질(172) 및 제3매질(174)이 형성하는 최소 체적의 정육면체(176)는 또 다른 주기를 갖는다. 도 15에 도시된 실시예의 변형을 통해 제2매질(172)로 구성된 정사면체 및 제3매질로 구성된 정사면체가 제1매질(170)이 형성하는 공간상에 주기적으로 배열된 다양한 포토닉 결정구조를 구성할 수 있다.

상술한 실시예들은 제1매질(60, 160, 170)내에 위치한 일정한 주기를 갖는 제2매질(62, 162, 172)로 제3매질(64, 164, 174)이 내삽된다. 또한, 내삽되는 제3매질의 한 요소의 중심으로부터 그 요소의 최원점까지의 거리는 내삽되는 제3매질의 한 요소의 중심으로부터 제2매질의 요소 중 가장 가까운 요소와의 거리보다 작다.

한편, 본 발명에 따른 포토닉 결정구조에서, 내삽되는 매질들의 유전율은 다양한 범위의 값을 가질 수 있으며, 일예로, 제1매질(60, 160, 170)의 유전율과 제2매질(62, 162, 172)의 유전율의 사이값을 갖는다. 또한, 2차원의 경우 원기둥의 형태를, 3차원의 경우는 구의 형태를 예로 들었으나 내삽되는 매질은 다양한 형태를 취할 수 있으며, 내삽되는 매질의 일부는 다른 형태를 취할 수도 있다.

## 발명의 효과

본 발명에 따른 포토닉 결정구조에 따르면, 두개의 포토닉 결정간의 내삽의 한 지점에서 밴드갭의 열림과 닫힘을 제어할 수 있다. 또한, 특정한 위치에서 두개의 밴드갭을 형성하므로 복수의 주파수 범위에서 선택적으로 광의 전파여부를 결정할 수 있으며, 밴드갭의 위치변경이 용이하다는 이점을 갖는다.

이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상술한 특징의 바람직한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

## (57) 청구의 범위

### 청구항 1.

제1유전율을 갖는 제1매질;

제2유전율을 가지며 상기 제1매질에 의해 형성되는 평면상에서 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제1주기로 배치되는 복수의 제2매질; 및

제3유전율을 가지며 상기 제1매질에 의해 형성되는 상기 평면상에서 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제2주기로 배치되는 복수의 제3매질;을 포함하며,

상기 제3매질은 상기 제2매질 및 상기 제3매질의 배치상태가 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제3주기를 갖도록 상기 제2매질에 의해 형성되는 단위 셀내에 배치되어 복수의 밴드갭을 형성하는 것을 특징으로 하는 포토닉 결정구조.

### 청구항 2.

제 1항에 있어서,

특정한 상기 제3매질의 중심으로부터 특정한 상기 제3매질의 최원점까지의 거리는 특정한 상기 제3매질의 중심으로부터 가장 가까운 상기 제2매질과의 거리보다 작은 것을 특징으로 하는 포토닉 결정구조.

### 청구항 3.

제 1항에 있어서,

상기 제2유전율은 상기 제1유전율보다 크며, 상기 제3유전율은 상기 제1유전율과 상기 제2유전율 사이값을 갖는 것을 특징으로 하는 포토닉 결정구조.

### 청구항 4.

제 1항에 있어서,

상기 제3매질은 상기 제2매질 및 상기 제3매질의 배치상태가 제3주기를 형성하도록 상기 제2매질에 의해 형성되는 상기 단위 셀내 및 상기 단위 셀들의 경계선에 배치되는 것을 특징으로 하는 포토닉 결정구조.

#### **청구항 5.**

제1유전율을 갖는 제1매질;

제2유전율을 가지며 상기 제1매질에 의해 형성되는 공간상에서 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제1주기로 배치되는 복수의 제2매질; 및

제3유전율을 가지며 상기 제1매질에 의해 형성되는 상기 공간상에서 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제2주기로 배치되는 복수의 제3매질;을 포함하며,

상기 제3매질은 상기 제2매질 및 상기 제3매질이 적어도 하나 이상의 방향에 대해 제3주기를 갖도록 상기 제2매질에 의해 형성되는 단위 셀내에 배치되어 복수의 밴드갭을 형성하는 것을 특징으로 하는 포토닉 결정구조.

#### **청구항 6.**

제 5항에 있어서,

특정한 상기 제3매질의 중심으로부터 특정한 상기 제3매질의 최원점까지의 거리는 특정한 상기 제3매질의 중심으로 부터 가장 가까운 상기 제2매질과의 거리보다 작은 것을 특징으로 하는 포토닉 결정구조.

#### **청구항 7.**

제 5항에 있어서,

상기 제2유전율은 상기 제1유전율보다 크며, 상기 제3유전율은 상기 제1유전율과 상기 제2유전율 사이값을 갖는 것을 특징으로 하는 포토닉 결정구조.

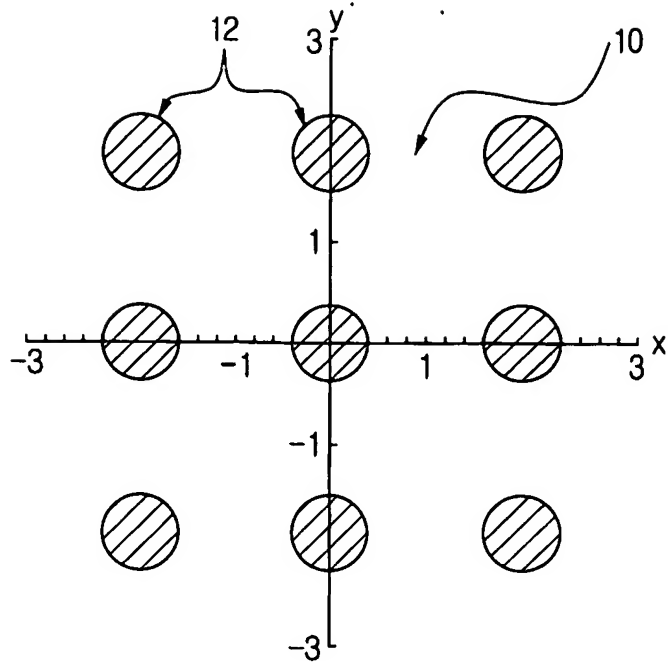
#### **청구항 8.**

제 5항에 있어서,

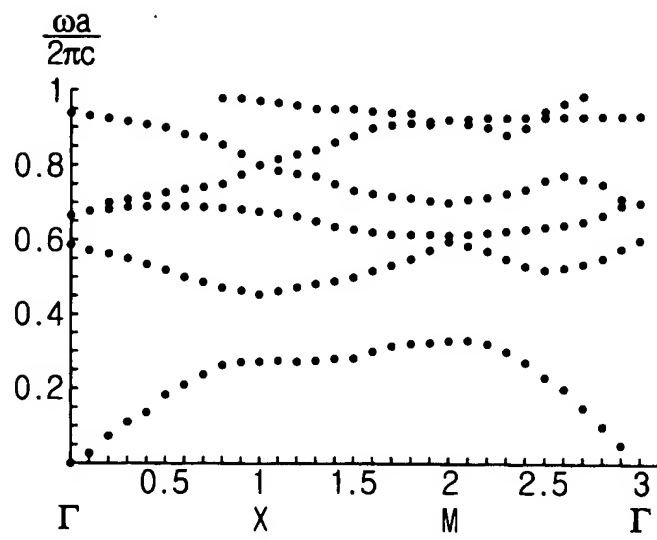
상기 제3매질은 상기 제2매질 및 상기 제3매질의 배치상태가 제3주기를 형성하도록 상기 제2매질에 의해 형성되는 상기 단위 셀내 및 상기 단위 셀들의 경계면에 배치되는 것을 특징으로 하는 포토닉 결정구조.

도면

도면1

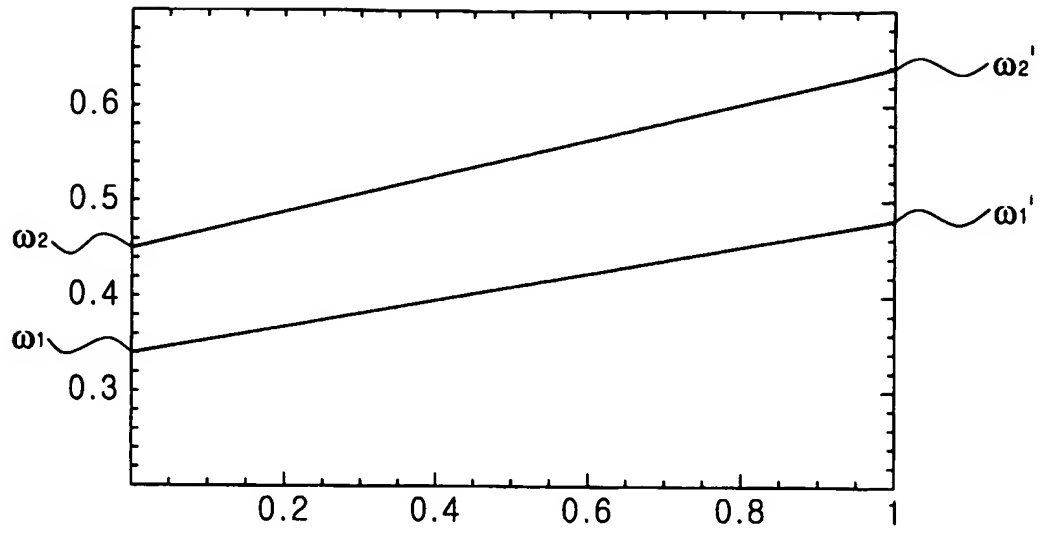


도면2

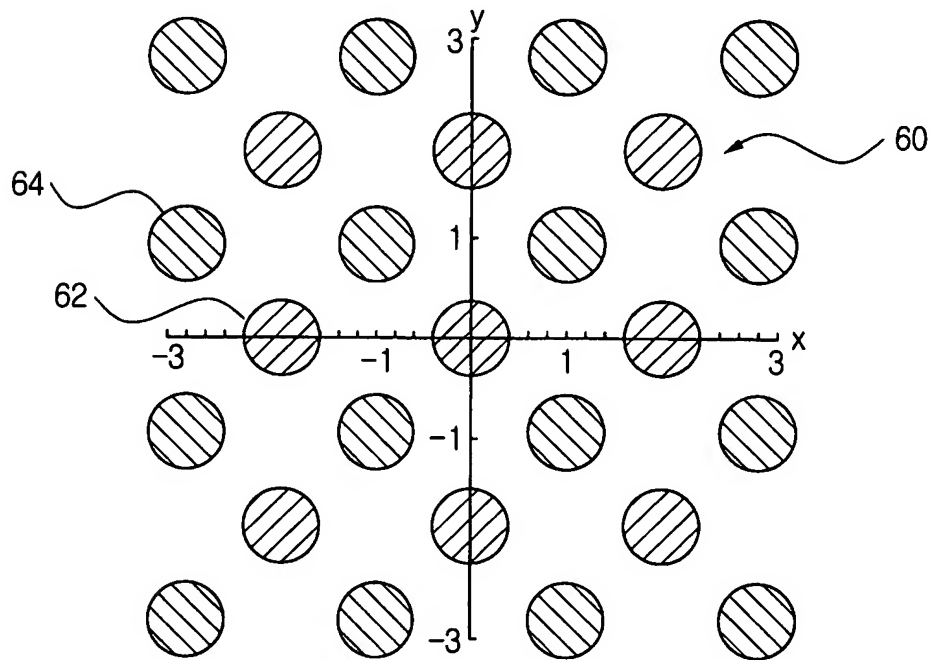




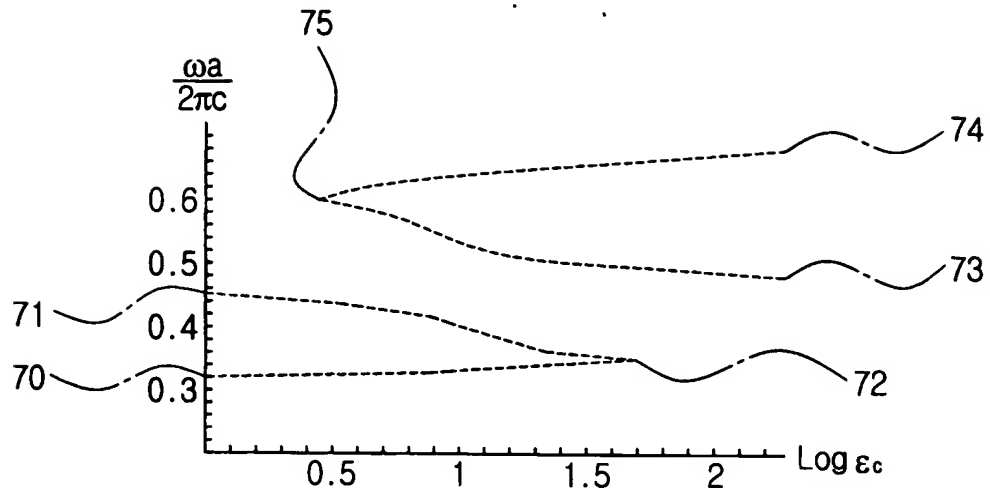
도면3



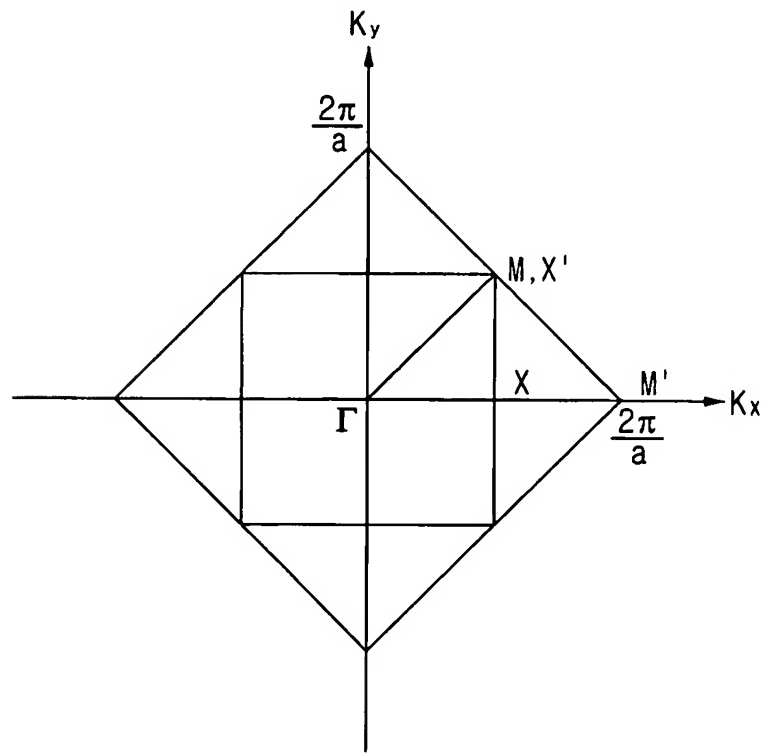
도면4



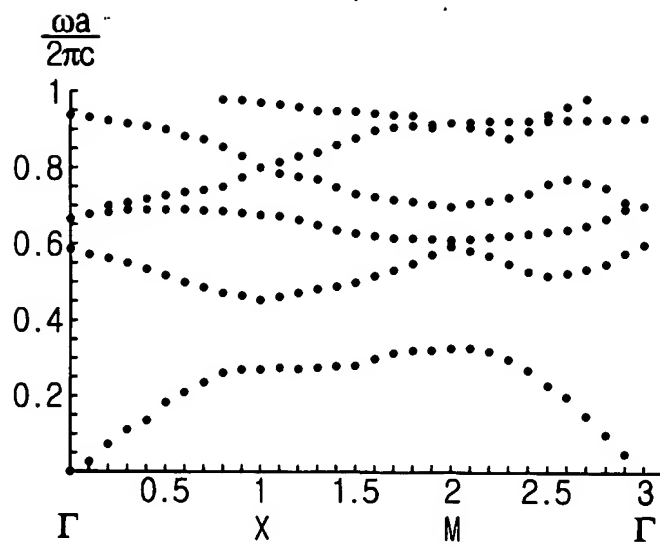
도면5



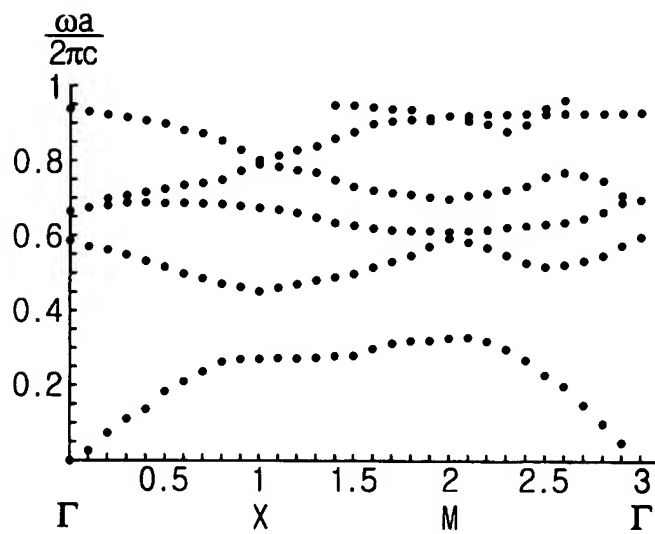
도면6



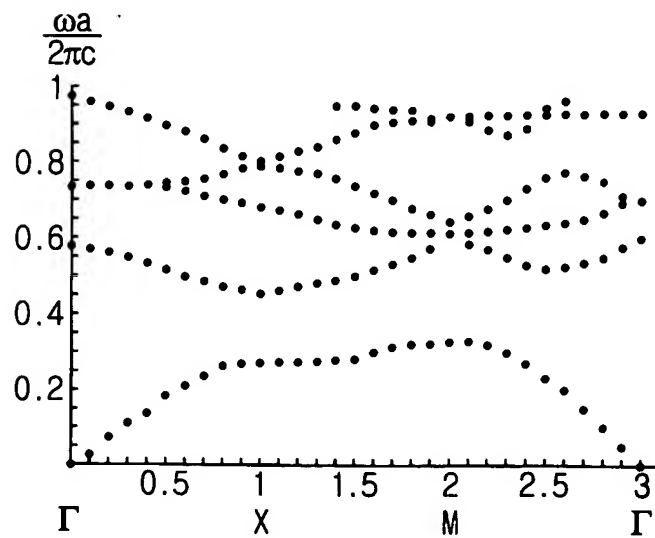
도면7



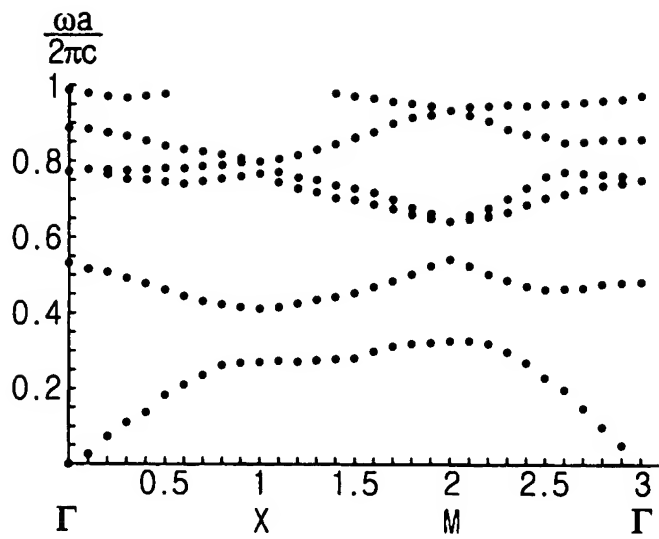
도면8



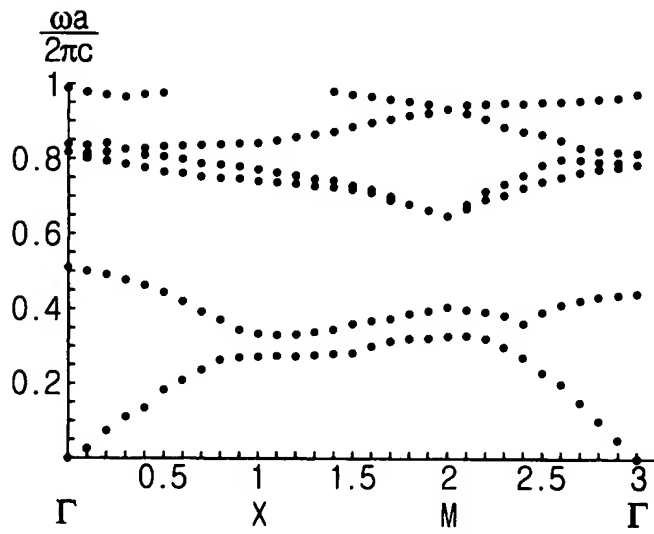
도면9



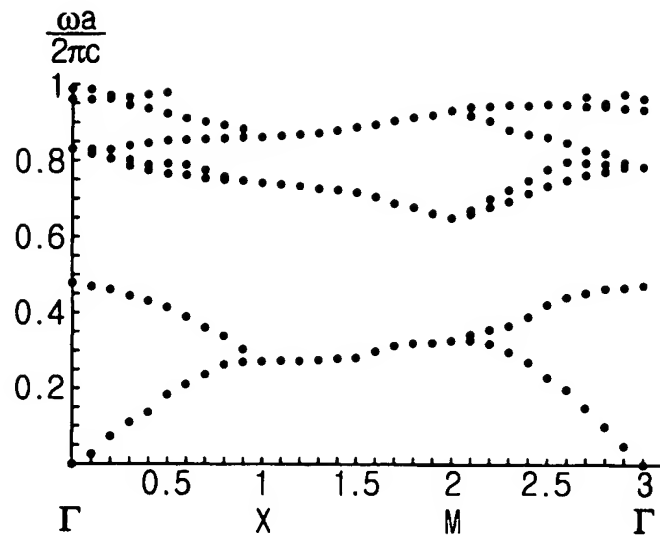
도면10



도면11



도면12



도면13

